

# Inhaltsverzeichnis

Einleitung . . . . .	1
1. Isolationsmaterialien für elektronische Bauelemente auf der Basis von Hochtemperatursupraleitern . . . . .	3
1.1. Wichtige Eigenschaften der Hochtemperatursupraleiter. . . . .	3
1.2. Gegenstand der vorliegenden Arbeit . . . . .	5
1.2.1. Elektronische, supraleitende Bauelemente . . . . .	5
1.2.2. Metallische, halbleitende und isolierende Schichten . . . . .	6
1.2.3. Die Grenzflächen zwischen den nichtsupraleitenden Material und $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	7
1.2.4. Ziel und Vorgehensweise in der vorliegenden Arbeit . . . . .	8
1.3. Substitution von Kationen des Hochtemperatursupraleiters $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	10
1.3.1. Substitution von Ba durch Sr . . . . .	10
1.3.2. Substitution von Cu . . . . .	10
1.3.3. Substitution von Y . . . . .	12
1.3.4. Zusammenfassung der Diskussion über die Substitution . . . . .	14
2. Josephon-Effekte und Feldeffektbauelemente . . . . .	15
2.1. Die Josephson-Gleichungen . . . . .	15
2.2. Strom-Spannungs-Kennlinie eines SIS-Kontaktes . . . . .	18
2.3. Größe des kritischen Stromes $I_c$ . . . . .	19
2.4. Magnetfeldabhängigkeit des kritischen Stromes $I_c$ . . . . .	20
2.5. "Resistively-shunted junction"-Modell . . . . .	22
2.6. SNS-Kontakte und Proximity-Effekt . . . . .	24
2.7. Feldeffekt . . . . .	28
2.7.1. Feldeffekt in Metallen . . . . .	28
2.7.2. Feldeffekt in Supraleitern . . . . .	30
3. Herstellung der Dünnschichten . . . . .	33
3.1. Überblick über Depositionsverfahren . . . . .	33
3.2. Die Kathodenzerstäubung . . . . .	33
3.2.1. Sputtern mit Sauerstoff . . . . .	34
3.2.2. Die Sputterparameter . . . . .	35
3.2.3. Das rf-Sputtern . . . . .	36
3.3. Die Dreikopfsputteranlage . . . . .	37
4. Charakterisierungsmethoden . . . . .	41
4.1. Charakterisierung der Mikrostruktur . . . . .	41
4.1.1. Rutherforddrückstreuung . . . . .	41

4.1.2. Röntgendiffraktometrie . . . . .	42
4.1.3. Hochauflösende Elektronenmikroskopie . . . . .	45
4.2. Spezifischer Widerstand bei Raumtemperatur . . . . .	46
5. Sauerstoffdotierung von $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ -Dünnschichten . . . . .	47
5.1. Struktur und Eigenschaften von $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ . . . . .	47
5.1.1. Doping von $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ mit Erdalkalimetallen . . . . .	47
5.1.2. Dotierung von $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ mit Sauerstoff . . . . .	48
5.1.3. Verschiedene Oxidationsverfahren . . . . .	48
5.1.4. Die Kristallstruktur von $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ . . . . .	49
5.2. Herstellung und Charakterisierung der $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ -Dünnschichten. . . . .	51
5.3. Widerstandsverhalten und Sauerstoffdotierung . . . . .	53
5.4. Heteroepitaxie mit $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	56
5.5. Diskussion der Ergebnisse für $\text{La}_2\text{CuO}_{4+\delta}$ -Dünnschichten . . . . .	60
6. Epitaktisches Wachstum von Phasen des Strukturtyps $\text{LaBa}_2\text{Cu}_2\text{TaO}_8$ . . . . .	63
6.1. Eigenschaften der Phasen des Strukturtyps $\text{LaBa}_2\text{Cu}_2\text{TaO}_8$ . . . . .	63
6.1.1. Die Kristallstruktur von $\text{LaBa}_2\text{Cu}_2\text{TaO}_8$ . . . . .	63
6.1.2. Herstellung der 1221-Phasen . . . . .	65
6.2. Elektronische Eigenschaften der 1221-Phasen . . . . .	65
6.3. Elektrische Eigenschaften von $\text{GdSr}_2\text{Cu}_2\text{RuO}_{8-\delta}$ . . . . .	66
6.4. Untersuchung des Wachstums für $\text{LaBa}_2\text{Cu}_2\text{NbO}_8$ , $\text{PrBa}_2\text{Cu}_2\text{NbO}_8$ und $\text{GdSr}_2\text{Cu}_2\text{RuO}_{8-\delta}$ . . . . .	66
6.4.1. Targetmaterialien und Auswahl der Substrate . . . . .	66
6.4.2. Pinzipielle Vorgehensweise bei der Optimierung der Sputterparameter . . . . .	67
6.4.3. Ergebnisse für $\text{LaBa}_2\text{Cu}_2\text{NbO}_8$ und $\text{PrBa}_2\text{Cu}_2\text{NbO}_8$ . . . . .	67
6.4.4. Interpretation der Strukturuntersuchung von $\text{LaBa}_2\text{Cu}_2\text{NbO}_8$ und $\text{PrBa}_2\text{Cu}_2\text{NbO}_8$ . . . . .	72
6.5. Wachstum von $\text{GdSr}_2\text{Cu}_2\text{RuO}_{8-\delta}$ -Dünnschichten . . . . .	72
6.6. Elektrisches Widerstandsverhalten der $\text{GdSr}_2\text{Cu}_2\text{RuO}_{8-\delta}$ -Dünnschichten . . . . .	73
6.7. Diskussion der Ergebnisse . . . . .	75
7. Verwendung von $\text{BaTbO}_3$ -Dünnschichten in epitaktischen Schichtsystemen. . . . .	77
7.1. $\text{BaTbO}_3$ und verwandte Perowskite . . . . .	71
7.1.1. Herstellung der Pulver und chemische Stabilität . . . . .	79
7.1.2. Ionische Kompatibilität von Ce, Pr und Tb in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	79
7.2. Herstellung von $\text{BaTbO}_3$ -Dünnschichten . . . . .	83
7.2.1. Das $\text{BaTbO}_3$ -Target . . . . .	83
7.2.2. Schichtherstellung . . . . .	83
7.2.3. Herstellung von Schichtsystemen aus $\text{BaTbO}_3$ und $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	85
7.2.4. Strukturuntersuchung der heteroepitaktischen Schichtsysteme . . . . .	87
7.2.5. Untersuchung der Grenzflächen zwischen $\text{BaTbO}_3$ und $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . . . . .	87
7.3. Untersuchung der elektrischen Transporteigenschaften von $\text{BaTbO}_3$ -Schichten . . . . .	93

7.3.1. Herstellung der Leiterbahnüberkreuzungen . . . . .	93
7.3.2. Transporteigenschaften der Leiterbahnen . . . . .	94
7.3.3. Elektrische Transporteigenschaften der BaTbO <sub>3</sub> -Isolation . . . . .	94
7.4. Untersuchung der Transporteigenschaften von dünnen YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub> -Schichten . . . . .	96
7.5. Feldeffektbauelemente mit BaTbO <sub>3</sub> -Gate-Isolation . . . . .	99
7.5.1. Aufbau und Herstellung der Feldeffektbauelemente . . . . .	100
7.5.2. Der Drain-Source-Widerstand R <sub>DS</sub> und die Gate-Isolation . . . . .	100
7.5.3. Der Einfluß des elektrischen Feldes auf den Drain-Source-Widerstand . . . . .	102
7.6. Herstellung von Rampenkontakten mit BaTbO <sub>3</sub> -Barriere . . . . .	108
7.6.1. Aufbau der Rampenkontakte . . . . .	108
7.6.2. Chemisch geätzte Rampenkontakte . . . . .	108
7.6.3. Ionengeätzte Rampenkontakte . . . . .	113
7.6.4. Der Grenzflächenwiderstand . . . . .	118
7.7. Diskussion . . . . .	120
8. Zusammenfassung . . . . .	133
Anhang A: Die Targetpräparation. . . . .	137
Anhang B: Herstellung der Dünnschichten . . . . .	138
Anhang C: Mikrostrukturierung . . . . .	139
C.1. Die Photolithographie . . . . .	139
C.2. Der Ätzprozeß . . . . .	140
C.3. Experimentelle Durchführung der Strukturierung . . . . .	140
Anhang D: Herstellung eines Josephson-Kontaktes . . . . .	141
Anhang E: Die Sauerstoffbeladungsapparatur . . . . .	143
Anhang F: Substratmaterialien . . . . .	144
Bibliographie. . . . .	145